

УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор – проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Петербургский государственный
университет путей сообщения Императора
Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС)

доктор технических наук, профессор

Т.С. Титова

« 28 » 10 2025 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» на диссертацию Куриненко Марианны Витальевны «Интеллектуальная интегрированная навигационная система с обучением алгоритма стохастической оценки параметров движения подвижных единиц железнодорожного транспорта по непериодическим точным измерениям», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.8. «Интеллектуальные транспортные системы»

1. Актуальность темы исследования

На сегодняшний день развитие интеллектуальных транспортных систем становится одним из важнейших инструментов повышения безопасности транспортного комплекса страны. Интеграция интенсивно развивающихся методов машинного обучения в различные системы обработки информации, обеспечивающие функционирование подвижных объектов, позволяет достигать необходимой точности при решении навигационных задач подвижных единиц железнодорожного транспорта, удовлетворяющей все возрастающим потребностям современных транспортных систем. Применение интеллектуальных комплексированных навигационных систем, основанных на использовании инерциальных датчиков в совокупности с высокоточными приемниками спутниковой навигации, позволяет определять местоположение объекта при различных условиях и типах движений, в том числе в условиях отсутствия спутниковых навигационных сигналов. Проблема высокоточной навигации в условиях спуфинга и подавления спутниковых сигналов является одной из актуальных проблем современных транспортных систем, так как ее решение способствует получению надежной и высокоточной информации о местоположении подвижного объекта, что подтверждает целесообразность проведенных исследований.

2. Оценка структуры и содержания работы

Диссертационная работа Куриненко М.В. состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 133 наименований, списка сокращений и 2 приложений, включая 35 рисунков, 12 таблиц и 76 формул.

Во введении представлены актуальность и степень разработанности темы, определены цели и задачи, изложена научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, описаны методология и методы проведения исследований, приведены основные положения, достоверность и степень апробации результатов.

В первой главе проведен анализ современных интегрированных навигационных систем и возможность их применения на железнодорожном транспорте, показаны особенности интеграции инерциальных и неинерциальных чувствительных элементов в бесплатформенных навигационных системах подвижных единиц железнодорожного транспорта, проанализированы методы искусственного интеллекта, применяемые при построении интеллектуальных интегрированных навигационных систем, а также определены частные задачи исследования. Результаты анализа подтвердили необходимость разработки интеллектуального алгоритма обеспечения интегрированных навигационных систем, позволяющего принципиально повысить точность определения навигационных параметров при уже существующей технологии их изготовления.

Во второй главе получены обобщенная нелинейная и линеаризованная стохастические модели бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС), комплексированной с неинерциальными измерителями в дискретной и непрерывной формах. Для построения уравнений полного навигационного вектора подвижной единицы была использована возможность комплексирования БИНС с одометрами, применение которых весьма характерно для навигационных.

Разработаны уравнения состояния бесплатформенной НС в каноническом виде «объект – наблюдатель», которые позволяют далее теоретически строго осуществить автономную оценку навигационных параметров подвижной единицы на основе апостериорной измерительной информации о текущем изменении компонентов ее вектора состояния.

Полученные обобщенные нелинейная и линеаризованная стохастические модели БИНС, а также уравнения линейного и нелинейного наблюдателей, представленные в дискретной форме, позволяют в дальнейшем построить линейный и нелинейный дискретные фильтры Калмана.

В третьей главе рассмотрены общие принципы построения алгоритмов стохастической фильтрации параметров движения бесплатформенной навигационной системы (БНС), сформированы уравнения расширенного (обобщенного) фильтра Калмана для рассматриваемой БНС, проведен анализ методов машинного обучения, используемых при синтезе систем управления и навигации интеллектуальных транспортных систем, представлен интеллектуальный алгоритм принятия решений по высокоточной оценке параметров движения подвижной единицы.

Проведенный анализ общих принципов построения систем навигации интеллектуальных транспортных систем показал актуальность использования алгоритмов машинного обучения, в частности, адаптивной калмановской фильтрации, в задачах высокоточного позиционирования железнодорожных транспортных средств.

Для коррекции первичных измерений датчиков, погрешности которых растут со временем, предложено использование точных спутниковых измерений, поступающих в некоторые произвольные моменты времени (т.е. нерегулярно), а также проведение

обучения (адаптации) самого алгоритма стохастического оценивания, позволяющего существенно повысить точность оценивания параметров состояния объекта.

В четвертой главе проведен анализ эффективности разработанных интеллектуальных навигационных алгоритмов на основе численного эксперимента. Представлены результаты численного моделирования алгоритмов стохастической оценки линейного и нелинейного навигационных векторов подвижных единиц, а также моделирования обучаемых фильтров для линейного и нелинейного векторов состояния навигационной системы. Сравнительный анализ полученных результатов подтвердил преимущества обучаемых фильтров, а также позволил сделать вывод о том, что они вполне удовлетворяют современным требованиям, предъявляемым к навигационной точности систем управления, и, следовательно, их использование при решении навигационной задачи весьма перспективно.

В заключении представлены основные результаты работы и перспективы дальнейших исследований.

В рамках поставленных и решенных задач диссертационное исследование можно считать законченной научно-квалификационной работой.

3. Новизна полученных результатов

Научная новизна исследований и выводов, изложенных в диссертационной работе, заключается в применении принципиально нового предложенного интеллектуального алгоритма в существующих навигационных системах, позволяющего значительно повысить точность определения местоположения подвижных единиц железнодорожного транспорта. В диссертации:

1. Разработана полная нелинейная модель вектора состояния интегрированной навигационной системы, инвариантная к характеру движения подвижной единицы и виду действующих возмущений.

2. Разработаны модели автономных наблюдателей вектора навигационных параметров подвижных единиц железнодорожного транспорта для различных режимов интеллектуальной интеграции навигационных систем.

3. Синтезированы интеллектуальные алгоритмы функционирования навигационных систем подвижных единиц железнодорожного транспорта в различных режимах интеграции на основе методов теории стохастической нелинейной фильтрации.

4. Разработаны интеллектуальные алгоритмы интегрированных навигационных систем на основе обучения стохастического фильтра параметров движения путем настройки коэффициента адаптации алгоритма фильтрации по непериодическим точным наблюдениям, а не традиционной замены вектора состояния оценок на известные измерения.

4. Личный вклад соискателя в получении результатов исследования

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, получены автором лично. Автор принимал активное участие в постановке задач исследования, формулировании основных целей, разработке моделей и алгоритмов, проведении компьютерного моделирования и обобщении полученных результатов, численной реализации разработанных алгоритмов.

5. Степень обоснованности и достоверности результатов исследований

Обоснованность и достоверность научных результатов подтверждается достаточной полнотой анализа области исследования, корректностью применения математического аппарата теории стохастической фильтрации, адекватностью результатов численного эксперимента, а также опубликованными работами в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ, и докладами на международных конференциях.

Учитывая изложенное, можно сделать вывод, что результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, получены автором лично.

6. Публикации автора

Опубликованные работы в достаточной мере отражают содержание представленной диссертации. Результаты диссертационных исследований были представлены на международных конференциях, что подтверждает факт их публичной апробации. По результатам диссертационного исследования опубликовано 46 научных работ, в том числе 11 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 18 статей в журналах наукометрических баз Web of Science и Scopus, глава в книге «Advances in Engineering Research».

7. Теоретическая и практическая значимость полученных результатов

Разработанные алгоритмы интеграции навигационных систем и обучения алгоритмов стохастической оценки навигационных параметров с использованием неперiodических точных наблюдений позволяют обеспечить высокоточное решение навигационной задачи подвижных единиц железнодорожного транспорта в условиях интенсивных помех измерений навигационного комплекса.

Результаты исследования были использованы: при выполнении исследования, финансируемого грантом РФФИ 18-07-00126 А «Аналитическое адаптивное извлечение динамических знаний в нечетко-стохастических нелинейных средах на основе неперiodических точных измерений»; в программном обеспечении двунаправленного интерфейсного преобразователя в составе распределенного контролируемого пункта.

8. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности по теме диссертации

Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 2.9.8. «Интеллектуальные транспортные системы» по пунктам: 1. «Теоретические основы, методы и алгоритмы интеллектуализации решения прикладных задач управления транспортными системами, процессами и транспортными средствами», 6. «Средства и методы проектирования технического, математического, лингвистического, информационного и других видов обеспечения интеллектуальных транспортных систем, систем управления транспортными технологическими процессами и транспортными средствами».

Структура и содержание диссертации соответствует сформулированной цели исследования, результаты работы изложены последовательно и логично.

9. Соответствие автореферата диссертации её содержанию

Автореферат диссертации полностью соответствует содержанию диссертации, требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления», а также требованиям п. 25 Положения о присуждении ученых степеней.

В автореферате и диссертации отсутствуют расхождения между толкованием и выводами.

10. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Разработанный интеллектуальный алгоритм стохастической оценки параметров движения с обучением по непериодическим точным измерениям может быть эффективно использован в системах автоматического управления транспортными системами, в том числе беспилотными. В перспективе полученные решения возможно использовать в интегрированных навигационных и управляющих системах с применением других, постоянно совершенствуемых, интеллектуальных методов, обеспечивающих формирование полноценной интеллектуальной транспортной системы.

11. Замечания по диссертационной работе

1. В диссертации рассмотрен только один вид траекторий, позволяющих сократить размерность навигационного вектора за счет существующих для них зависимостей навигационных параметров, – локсодромические. Но при этом не исследована возможность аналогичного сокращения размерности навигационного вектора за счет использования другого вида аналитических траекторий – ортодромических.

2. При описании вероятностного характера помех измерения не учитывалась их возможная корреляция.

3. Диссертационная работа «перегружена» математическими выражениями, описательная часть недостаточно подробная.

Отмеченные замечания не снижают ценности полученных автором результатов диссертационного исследования и не влияют на общую положительную оценку представленной работы.

12. Заключение по диссертации о соответствии критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней»

Диссертация Куриненко Марианны Витальевны, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, позволяющие существенно повысить точность определения местоположения подвижных единиц железнодорожного

транспорта, что имеет существенное значение для развития транспортной отрасли Российской Федерации.

Диссертация Куриненко М.В. написана самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения.

Диссертационная работа соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней», утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 по пунктам 9-14, а её автор, Куриненко Марианна Витальевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.8. «Интеллектуальные транспортные системы».

Отзыв рассмотрен и одобрен по результатам обсуждения диссертации на заседании кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», протокол № 2 от «28» октября 2025 г.

И.о. заведующего кафедрой «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»
ФГБОУ ВО ПГУПС

кандидат технических наук (спец. 05.13.06)

Блюдов Антон Александрович

Я, Титова Тамила Семеновна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Куриненко Марианны Витальевны и их дальнейшую обработку.

Доктор технических наук, профессор

Титова Тамила Семеновна

«28» октября 2025 г.

ФГБОУ ВО «Петербургский государственный
университет путей сообщения Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Московский пр., д. 9, Санкт-Петербург, 190031

Телефон: (812) 457-86-28, факс: (812) 315-26-21

E-mail: dou@pgups.ru; http://www.pgups.ru

